

BAU EINER NEBELKAMMER

HINTERGRUNDINFORMATIONEN

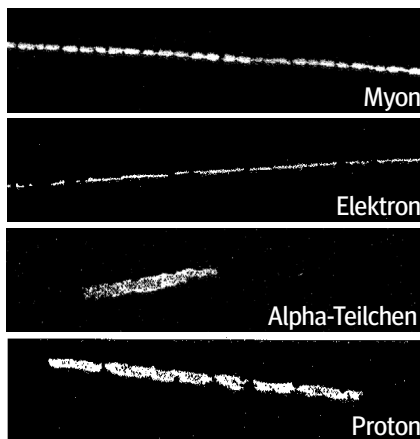
Wie funktioniert die Selbstbau-Nebelkammer?

Der im Filz gespeicherte Alkohol verdunstet, bis die Luft im Innern der Kammer mit Alkoholdampf gesättigt ist. Ein Gasvolumen kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine begrenzte Menge Flüssigkeit aufnehmen; je höher die Temperatur ist, desto mehr Flüssigkeit kann verdampfen und vom Gas gehalten werden.

Das Trockeneis kühlt den unteren Teil der Kammer stark ab, sodass der Alkoholdampf in diesem Bereich wieder kondensieren müsste. Da jedoch keine Kondensationskeime (z.B. kleine Staubpartikel oder Ionen) vorhanden sind, geht der Alkoholdampf in einen übersättigten Zustand über; das heißt, die Luft enthält mehr Alkoholdampf, als für diese Temperatur normal ist. Fliegt nun ein elektrisch geladenes Teilchen durch die übersättigte Schicht, erzeugt es zahlreiche Ionen entlang der Flugbahn. An diesen Ionen kann der Alkoholdampf kondensieren, und es entstehen sichtbare Spuren aus Alkoholtröpfchen.

Welche Teilchen kann man in der Nebelkammer beobachten?

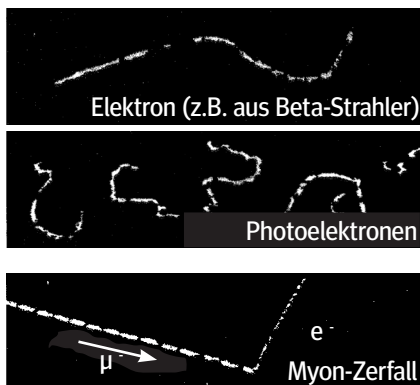
Die meisten beobachteten Teilchen sind **Myonen, Elektronen und ihre** jeweiligen **Antiteilchen**, die entstehen, wenn kosmische Teilchen auf die Erdatmosphäre treffen. Man sieht auch **Alpha- und Betaeteilchen** (also Heliumkerne und Elektronen bzw. Positronen), die von radioaktiven Bestandteilen der Luft in der Kammer ausgesandt wird. Die Herkunft und Art der Teilchen ist nicht immer eindeutig festzustellen.



Einzelne gerade Spuren stammen von schnellen Teilchen mit hoher Bewegungsenergie. Sie ionisieren die Alkoholmoleküle, ohne dabei gestreut zu werden.

- **Dünne Spuren** deuten auf energiereiche **Myonen, Elektronen** oder ihre jeweiligen Antiteilchen hin.
- **Dicke Spuren** deuten auf ein massereicheres Teilchen hin, das mehr Ionen in seiner Umgebung erzeugt. Es kann sich um **Alphateilchen** (Heliumkerne) handeln oder um **Protonen**, die längere Spuren hinterlassen.

Es ist allerdings schwierig, ein Teilchen allein anhand der Dicke seiner Spur eindeutig zu identifizieren.



Gekrümmte Spuren und **Zick-Zack-Spuren** entstehen, wenn vergleichsweise langsame Teilchen an Atomkernen gestreut werden. Je langsamer das Teilchen ist, desto stärkere Krümmungen sind zu sehen.

Photonen (z.B. Gamma- oder Röntgenstrahlung) hinterlassen zwar keine Spuren in einer Nebelkammer, jedoch können sie Elektronen mit geringer Energie freisetzen, sogenannte Photoelektronen. Diese hinterlassen kurze Zick-Zack-Spuren.

Deutlich geknickte Spuren treten auf, wenn ein Myon μ^- in ein Elektron e^- und zwei Neutrinos zerfällt. Letztere hinterlassen keine Spur in der Nebelkammer, weil sie elektrisch neutral sind und nur schwach mit anderen Teilchen wechselwirken.

Welche Bedeutung hatte die Nebelkammer für die (Astro-)Teilchenphysik?

Die Nebelkammer war der erste Teilchendetektor, mit dem sich Spuren von Elementarteilchen sichtbar machen ließen. Nebelkammern ermöglichten viele Erkenntnisse über Elementarteilchen. Erst in den 50er Jahren wurden Nebelkammern nach und nach durch Blasenkammern ersetzt.

Beispiele für wichtige Experimente mit Nebelkammern sind:

- ▶ **Untersuchung der Reichweite von Alpha-Strahlung (L. Meitner, 1926)**
- ▶ **Entdeckung des Positrons (C. Anderson, 1932)**
- ▶ **Nachweis der Paarerzeugung und Paarvernichtung von Elektronen und Positronen (P. Blackett und G. Occhialini, 1933)**
- ▶ **Entdeckung des Myons (C. Anderson, 1937)**

HINTERGRUNDINFORMATIONEN - KOSMISCHE TEILCHEN

Was sind kosmische Teilchen?

Kosmische Teilchen stammen von Sternen, Galaxien und anderen Quellen im Weltall. Beispielsweise strömen Protonen, Elektronen und Heliumkerne durch das Universum. Elektrisch geladene kosmische Teilchen bezeichnet man auch als kosmische Strahlung. Ihre Energie reicht von 10^9 Elektronenvolt (eV) bis hin zu etwa 10^{20} eV. Zum Vergleich: 10^{20} eV entspricht der Energie eines mit 90 km/h fliegenden Tennisballs! Der derzeit weltgrößte Teilchenbeschleuniger, der LHC am CERN, beschleunigt Protonen nur auf eine zehnmillionenfach niedrigere Energie (maximal 10^{12} eV).

Die kosmischen Teilchen außerhalb der Erdatmosphäre nennt man „primäre kosmische Teilchen“. Wenn sie auf die Erdatmosphäre treffen, wechselwirken sie früher oder später mit den Luftmolekülen, je nach Energie und Art des Teilchens. Dabei wird eine Vielzahl neuer Teilchen erzeugt, sogenannte sekundäre Teilchen. Auf der Erde kann man diese nachweisen und ihre Eigenschaften untersuchen. Am häufigsten beobachtet man Myonen und Elektronen.

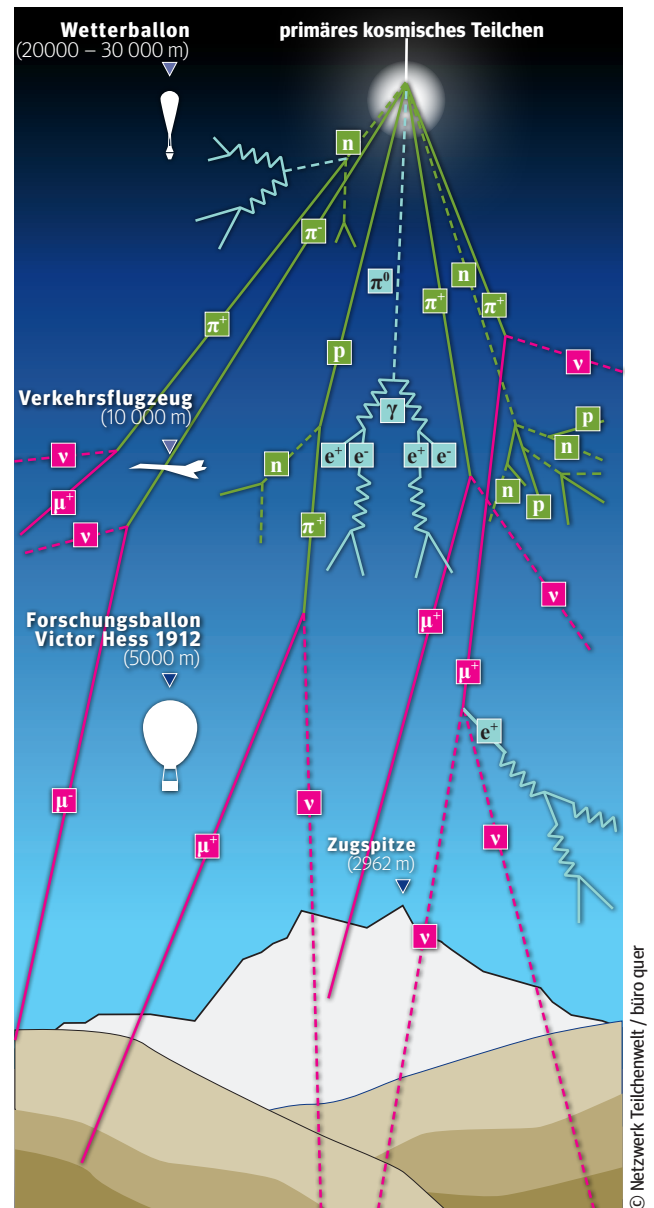
Weiterhin erreichen Photonen und Neutrinos aus dem Weltall die Erde. Diese tragen keine elektrische Ladung und hinterlassen somit in Nebelkammern keine Spuren; jedoch können sie mit anderen Detektoren nachgewiesen werden. Ihre Eigenschaften verraten Forschern viel über die Struktur des Universums.

Wo entstehen kosmische Teilchen?

Da elektrisch geladene kosmische Teilchen durch das Erdmagnetfeld abgelenkt werden, können Wissenschaftler bei der Messung auf der Erde nicht mehr auf ihren genauen Ursprungsort schließen. Anhand der Energie, die ein Teilchen der primären kosmischen Strahlung besitzt, können Astroteilchenphysiker aber abschätzen, wo der wahrscheinlichste Ursprungsort liegt.

Die Sonne ist die uns am nächsten gelegene Quelle kosmischer Teilchen. Sie sendet insbesondere Teilchen mit vergleichsweise niedriger Energie aus. Pulsare, Doppelsternsysteme und die Druckwellen von Supernovae erzeugen und beschleunigen kosmische Teilchen innerhalb der Milchstraße auf höhere Energien.

Sehr hochenergetische Teilchen stammen wahrscheinlich von Quellen außerhalb der Milchstraße.



► Abb.1: Ein kosmisches Teilchen trifft auf die Erdatmosphäre und erzeugt einen Schauer aus neuen Teilchen.

Symbole:

n: Neutron	---	p: Proton	---	pi: Pion	---
gamma: Photon	~	e: Elektron	---		
nu: Neutrino	---	mu: Myon	---		

Welche Bedeutung haben kosmische Teilchen für die Astroteilchen- und Teilchenphysik?

Bis in die 1950er Jahre wurden unter den Sekundärteilchen der kosmischen Strahlung viele bis dahin unbekannte Teilchen entdeckt, beispielsweise Myonen und Positronen sowie eine Vielzahl von Hadronen (aus Quarks bestehende Teilchen). Auch heute ist die kosmische Strahlung ein sehr aktives Forschungsgebiet. Noch ist nicht geklärt, woher energiereiche Teilchen wirklich stammen, und welche Beschleunigungsmechanismen ihnen die teilweise gewaltig hohen Energie verleihen. Als Quellen kommen beispielsweise aktive galaktische Kerne in Frage - massereiche schwarze Löcher im Zentrum von Galaxien.